

2. Металл марганец получают нагреванием смеси оксида марганца(IV) с алюминием, в результате чего образуются указанный металл и оксид алюминия. Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении данной реакции и рассчитайте массу алюминия, который прореагирует с оксидом марганца(IV) массой 125 г.
3. Фосфор самовоспламеняется в атмосфере хлора. Продуктом данной реакции является хлорид фосфора(V) PCl_5 , масса которого в одном из опытов составила 41,7 г. Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении данной реакции и рассчитайте объем (н. у.) прореагировавшего хлора.
4. В военном деле для передачи команд и оповещения используются сигнальные ракеты, горящие ярким белым пламенем. Оно появляется в результате реакции порошкообразных алюминия и вещества KClO_3 . Продуктами этого превращения являются оксид алюминия и хлорид калия. Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении данной реакции и рассчитайте массу алюминия, который прореагирует с веществом KClO_3 массой 24,5 г.
5. При горении бенгальского огня одновременно протекают несколько разных реакций. В ходе одной из них магний реагирует с нитратом калия, в результате чего образуются оксид магния и вещество состава KNO_2 . Методом электронного баланса расставьте коэффициенты в уравнении данной реакции и рассчитайте общую массу исходной смеси, при горении которой образуется оксид магния массой 80 г.

Готовимся к олимпиадам

Сера растворяется в горячей концентрированной азотной кислоте с образованием серной кислоты, оксида азота(IV) и воды. Рассчитайте объем раствора азотной кислоты с массовой долей HNO_3 , равной 70 % ($\rho = 1,42 \text{ г/см}^3$), необходимый для получения серной кислоты H_2SO_4 массой 100 г.

§ 6. Растворы

В курсе химии 8-го класса вы познакомились с многокомпонентными системами, которые называются *растворами*. Они образуются в результате смешивания двух, трех, а иногда и большего числа веществ.

Нас окружает мир растворов. Мы живем на дне «воздушного океана» — *газообразного раствора* кислорода и других газов в азоте. Все важнейшие процессы на Земле, протекающие в неживой и живой природе, осуществляются в *жидких растворах*, в которых растворителем является вода. К таким процессам относятся, например, почвообразование, питание и развитие растений, пищеварение и обмен веществ у животных и др.



Рис. 12. Водные растворы разных веществ

Вспомним, каковы же общие признаки растворов. В качестве примера рассмотрим водные растворы сахара, поваренной соли и серной кислоты. Внешне они выглядят совершенно одинаково и представляют собой прозрачные жидкости (рис. 12). Общая черта всех растворов — их *однородность (гомогенность)*. Она заключается в том, что свойства раствора одинаковы в любой его части. Даже с помощью самого сильного микроскопа в растворе нельзя обнаружить от-

дельные частицы растворенных веществ. Однородность — это свойство растворов, которое роднит их с чистыми веществами. Но в то же время между растворами и чистыми веществами есть отличия. Например, растворы можно разделить на отдельные компоненты с помощью физических процессов — *выпаривания* или *вымораживания*. Кроме того, если состав чистого вещества всегда постоянен, то состав растворов одного и того же вещества может изменяться в широких пределах. В одном стакане воды можно растворить 2, 3 и более ложки сахара — и всегда будет получаться раствор. Растворы могут храниться очень долго — они являются *устойчивыми* системами.

! **Раствор — это однородная устойчивая система, состоящая из двух или большего числа компонентов.**

В процессе образования раствора участвуют, как минимум, два вещества — **растворитель** и **растворяемое вещество**. Растворителем считается то вещество, у которого при образовании раствора не изменяется агрегатное состояние.

По отношению к воде вещества делятся на *растворимые*, *малорастворимые* и *нерастворимые*. Некоторые вещества, например спирт и серная кислота, при образовании растворов смешиваются с водой в любых соотношениях. Такие вещества называются неограниченно растворимыми. Другие вещества растворяются в воде ограниченно. Например, при 20 °С в воде массой 100 г можно растворить не более 6,36 г перманганата калия KMnO_4 .

Растворимость веществ в воде и других растворителях зависит от множества факторов: природы вещества и растворителя, температуры, давления (для газов).

Из курса химии 8-го класса вы уже знаете, что растворы бывают жидкие, газообразные и твердые. Агрегатное состояние раствора, как правило, такое же, как и агрегатное состояние исходного растворителя.



Водород, очень мало растворимый в воде, прекрасно растворяется в металле палладии Pd — в одном объеме металла может раствориться до 800 объемов водорода. Образующийся раствор, как и растворитель палладий, находится в твердом агрегатном состоянии.

К твердым растворам относятся **сплавы** металлов (латунь, бронза, мельхиор).

По степени насыщенности растворенным веществом растворы делятся на *насыщенные* и *ненасыщенные*. Насыщенным называется раствор, в котором содержание растворенного вещества является максимально возможным при данной температуре. Если же содержание растворенного вещества меньше максимально возможного, раствор является *ненасыщенным* (рис. 13).

По содержанию растворенного вещества растворы делятся на *концентрированные* и *разбавленные*. Если в растворе массовая доля растворенного вещества более 50 %, он является концентрированным, а если намного меньше 50 % — разбавленным. Нужно иметь в виду, что понятия «концентрированный» и «насыщенный» — не синонимы, они обозначают не одно и то же. Например, после смешивания с водой малорастворимого в ней сульфата кальция CaSO_4 на дне стакана остается осадок этого вещества. Раствор над осадком содержит небольшое количество растворившегося сульфата и является разбавленным. Но, поскольку сульфат кальция больше в воде не растворяется, этот раствор является насыщенным. Поэтому мы можем назвать данный раствор разбавленным и насыщенным. Аналогичная ситуация и с понятиями «концентрированный» и «ненасыщенный».



Рис. 13. Насыщенный и ненасыщенный растворы сульфата меди

Запомните!

- Концентрированный раствор может быть как насыщенным, так и ненасыщенным.
- Насыщенный раствор, с другой стороны, может быть как концентрированным, так и разбавленным.

Количественный состав растворов выражается разными способами в зависимости от того, где и для чего они используются. Например, в лаборатории можно увидеть склянки с растворами серной кислоты, на этикетках которых указаны ее *массовая доля* (например, 10 %) или *молярная концентрация* (например, 0,2 моль/дм³). С этими понятиями вы познакомились в курсе химии 8-го класса и уже знаете формулы для расчета массовой доли $w(X)$ и молярной концентрации вещества $c(X)$ в растворе:

$$w(X) = \frac{m(X)}{m(\text{р-ра})}; \quad c(X) = \frac{n(X)}{V(\text{р-ра})}.$$

Напомним, что массовая доля — безразмерная величина, т. е. не имеет единиц выражения. В то же время молярная концентрация является размерной величиной и чаще всего выражается в моль/дм³.

Решим простейшие задачи, связанные с использованием понятий «массовая доля растворенного вещества» и «молярная концентрация вещества».

Пример 1. *Рассчитайте массу воды, в которой необходимо растворить хлорид калия массой 15 г для приготовления раствора с массовой долей соли, равной 3 %.*

Решение

1. Зная массу соли и ее массовую долю в растворе, рассчитаем массу этого раствора:

$$w(\text{KCl}) = \frac{m(\text{KCl})}{m(\text{р-ра})}; \quad m(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{KCl})}{w(\text{KCl})} = \frac{15 \text{ г}}{0,03} = 50 \text{ г}.$$

2. Найдем искомую массу воды, которая равна разности между массой раствора и массой содержащейся в нем соли:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{KCl}) = 50 \text{ г} - 15 \text{ г} = 35 \text{ г}.$$

Пример 2. *В мерную колбу поместили сульфат меди(II) массой 32 г и добавили воду до объема 250 см³. Рассчитайте молярную концентрацию соли в приготовленном растворе.*

Решение

1. Рассчитаем химическое количество растворенного сульфата меди(II):

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{32 \text{ г}}{160 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

2. Найдем искомую молярную концентрацию соли в приготовленном растворе:

$$c(\text{CuSO}_4) = \frac{n(\text{CuSO}_4)}{V(\text{р-ра})} = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,25 \text{ дм}^3} = 0,8 \text{ моль/дм}^3.$$

Любой раствор характеризуется *плотностью* (ρ). Она показывает, чему равна масса раствора (г или кг) в единице его объема (1 см^3 или 1 дм^3), и рассчитывается по формуле:

$$\rho(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{р-ра})}{V(\text{р-ра})}.$$

Плотность раствора выражается в единицах г/см^3 , кг/дм^3 или кг/м^3 . Если, например, плотность раствора равна $1,25 \text{ г/см}^3$, это значит, что масса данного раствора объемом 1 см^3 составляет $1,25 \text{ г}$.



Для измерения плотности растворов веществ используют специальные приборы — *ареометры*. Их верхняя узкая часть снабжена шкалой, откалиброванной в единицах плотности. При опускании ареометра в исследуемую жидкость он погружается на определенную глубину. Деление на шкале, которое оказывается на одном уровне с поверхностью раствора, показывает его плотность. Похожие приборы используются для определения содержания спирта в алкогольных напитках (спиртометры), жира в молоке (лактометры).

Плотность растворов зависит от природы растворенных веществ и их количественного содержания. Например, плотность раствора спирта с его массовой долей, равной 60% , составляет $0,891 \text{ г/см}^3$, а плотность раствора серной кислоты с такой же массовой долей — $1,5 \text{ г/см}^3$. Познакомимся с вариантом решения задачи с использованием понятия «плотность раствора».

Пример 3. Гидроксид натрия массой 30 г растворили в воде объемом 296 см^3 . Рассчитайте объем (дм^3) и молярную концентрацию щёлочи в приготовленном растворе, если его плотность составляет $1,086 \text{ г/см}^3$.

Решение

1. Рассчитаем массу приготовленного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{NaOH}) = 296 \text{ г} + 30 \text{ г} = 326 \text{ г}.$$

2. Найдем объем приготовленного раствора:

$$\rho(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{р-ра})}{V(\text{р-ра})};$$

$$V(\text{р-ра}) = \frac{m(\text{р-ра})}{\rho(\text{р-ра})} = \frac{326 \text{ г}}{1,086 \text{ г/см}^3} = 300,2 \text{ см}^3 = 0,3 \text{ дм}^3.$$

3. Вычислим химическое количество растворенной щёлочи:

$$n(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})} = \frac{30 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,75 \text{ моль}.$$

4. Рассчитаем молярную концентрацию щёлочи в приготовленном растворе:

$$c(\text{NaOH}) = \frac{n(\text{NaOH})}{V(\text{р-ра})} = \frac{0,75 \text{ моль}}{0,3 \text{ дм}^3} = 2,5 \text{ моль / дм}^3.$$

Растворы широко используются практически во всех сферах человеческой деятельности — в промышленности, сельском хозяйстве и в быту.

Раствор — это однородная устойчивая система, состоящая из двух или большего числа компонентов.

По агрегатному состоянию растворы подразделяются на твердые, жидкие и газообразные; по степени насыщенности — на насыщенные и ненасыщенные; по содержанию растворенного вещества — на концентрированные и разбавленные.

Количественно растворы характеризуются массовой долей или молярной концентрацией растворенного вещества, а также плотностью.



Вопросы и задания

1. Чем похожи и чем различаются растворы и чистые вещества? В чем заключается однородность растворов?
2. Культурные и декоративные растения периодически подкармливают растворами азотных удобрений, например натриевой селитры (нитрата натрия). Для приготовления такого раствора в одном ведре воды (10 дм³) необходимо растворить одну столовую ложку (17 г) селитры. Рассчитайте массовую долю соли в таком растворе.
3. Рассчитайте объем воды, в которой необходимо растворить сульфат калия для приготовления раствора объемом 300 см³ ($\rho = 1,12 \text{ г/см}^3$) с массовой долей соли, равной 15 %.
4. Для зарядки автомобильных аккумуляторов используется раствор серной кислоты с массовой долей, равной 36 % («аккумуляторный электролит»). Рассчитайте массу кислоты, содержащейся в таком растворе объемом 2 дм³ ($\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$).
5. Составляющей частью молока являются жиры. На молочных пакетах указывают массовую долю жира в молоке: 2,2 %, 3,2 %, 3,6 % и др. Допустим, массовая доля жира в молоке составляет 2,2 %. Рассчитайте объем молока ($\rho = 0,96 \text{ г/см}^3$), в котором содержится жир массой 25 г.
6. Рассчитайте массу глюкозы C₆H₁₂O₆, необходимой для приготовления раствора объемом 250 см³, в котором молярная концентрация растворенного вещества будет равна 0,3 моль/дм³.
7. Аммиак объемом 10 дм³ (н. у.) растворили в воде объемом 0,5 дм³. Чему равна массовая доля аммиака в образовавшемся растворе?